

磁気浮上した反磁性物質の高熱変換特性による光駆動法

1220083 甚上 歩美 (光制御・ネットワーク研究室)
(指導教員 小林 弘和 准教授)

1. 研究背景・目的

現在、微小物体を駆動させる方法として物質の反磁性に注目した研究が行われている。反磁性体は、外部から磁場を印加することで磁気反発が生じ受動的に磁気浮上させることが出来るため、磁界を反転させるなどの制御が不要であり、永久磁石のみで装置を構成でき、装置の小型化が可能となる。さらに、反磁性体周辺の磁場分布を変化させることで容易に駆動できる。本研究では、室温で大きな反磁性を示し、温度によって磁化率の大きさが変化する感温磁性体であるグラファイトシートと永久磁石を組み合わせた磁気浮上プレートを作製し、光熱変換効果を用いた反磁性体の非接触駆動法[1]における回転運動を調べた。

2. 磁気浮上させた反磁性体の光駆動原理

図 1(a)のように円筒状磁石と円柱状磁石を配置した磁石上に磁気浮上した反磁性体の周囲には磁気ポテンシャルの壁が設けられているため、反磁性体は移動できず浮上して静止する。図 2(b)に示すように、レーザ光を反磁性体の一部に照射することにより、反磁性体の温度が上昇して磁化率が低下するため、反磁性体が傾いて水平方向に移動する。しかし、反磁性体が水平方向に移動しようとする力は磁気ポテンシャルの壁により向きを変えられて反磁性体は円柱状磁石上で回転運動する。

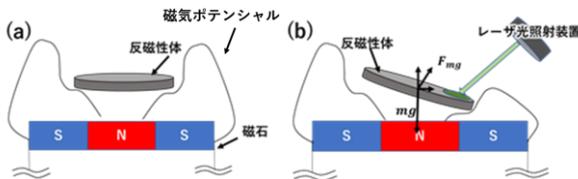


図 1: (a)光照射前と(b)光照射後の磁気ポテンシャル

3. 実験構成

回転運動の実験構成を図 2(a)に示す。図 2(b)は実際の写真である。円筒状磁石と円柱状磁石を配置した磁石上に磁気浮上した円盤のグラファイトシートの端部にレーザ光を照射した。この時グラファイトシートの直径は8~13mmを使用し、円柱状磁石は直径6~8mm、円筒状磁石は外直径19mm、内直径8.1mmを使用した。中心部に埋め込まれた円柱状磁石はグラファイトシートに面する側がS極となっており、この円柱状磁石の周囲を覆っている円筒状磁石はグラファイトシートに面する側がN極となっている。磁気浮上したグラファイトシートに緑色の波長 530nm のレーザ光をレンズをレンズで集光して照射した。この時のビームの大きさは直径 0.5mm である。グラファイトシートにレーザ光を照射すると、回転運動が誘起される。

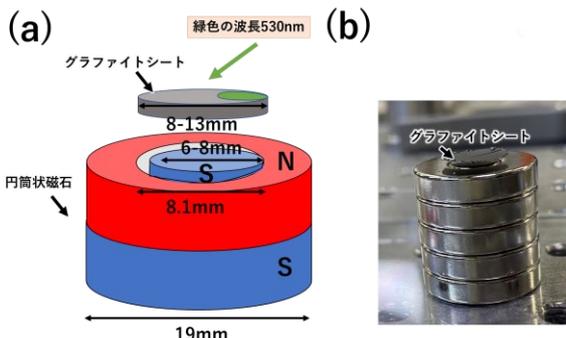


図 2: (a)実験構成, (b)実際の写真

4. 実験結果

円柱状磁石直径8mm、グラファイトシート直径12mmに対して光パワー密度を変化させたときの、回転速度との関係を図 3(a)に示す。グラフの傾きから、パワー密度 $1\text{mW}/\text{mm}^2$ に対する角速度の変化率は $114.26\text{mm}^2 \cdot \text{deg}/\text{mW} \cdot \text{s}$ となった。グラファイトシートの直径を変化させたときの角速度変化率との関係を図 4(b)に示した。角速度変化率は、グラファイトシートの直径に $7.33\text{mm}^2 \cdot \text{deg}/\text{mW} \cdot \text{s}$ で比例した。

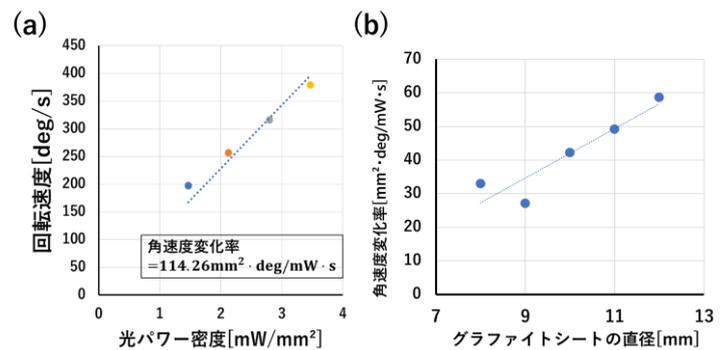


図 3: (a)グラファイト 12mm 回転速度, (b)グラファイトの直径と角速度変化率の関係

次に円柱状磁石と円筒状磁石の間の隙間によって角速度と回転方向が変わることが分かった。角速度と回転方向を求めるために光を照射する位置を変えて測定した。このとき図 5(a)のように、円柱状磁石と円筒状磁石の間に隙間がない位置を0度として、0度から反時計回りに45度、90度、180度、225度、270度、315度とする。グラファイトシートを磁石上に浮上させ、45度ずつグラファイトシートの端に光を照射させて観測した。円柱状磁石を直径6~8mm、光パワー密度 $3.47\text{mW}/\text{mm}^2$ のときの回転速度を求めた。角速度が正の値のときは左周り、負の値のときは右周りとする。円柱状磁石直径6mm、7mm、8mmのときの角速度を図 5(b)に示す。180度付近で回転方向が変わることが分かった。

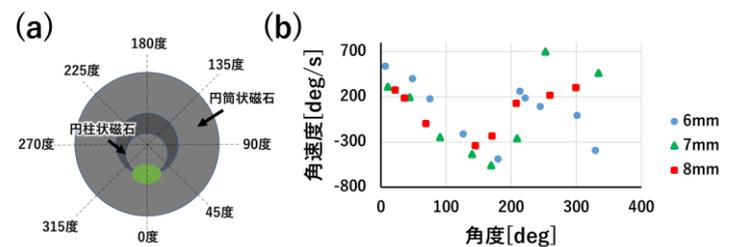


図 4: (a)光照射位置, (b)光照射位置と角速度の関係

5. まとめ

反磁性物質の光による駆動法を提案した。光熱変換による駆動が可能であることを確認した。さらに温度変化による回転速度と照射位置による回転方向の変化を確認した。

参考文献

[1]阿部 二郎, "磁気浮上グラファイトの光駆動技術", New Diamond 30, 31-34(2014)